
* **Luis Edgardo García Díaz**

Candidato a Magíster en Ingeniería Estructural
Docente Instructor 2 Corporación Universitaria Minuto de Dios
ledgardogd@gmail.com

** **Martha Liliana Díaz Ochoa**

Especialista en Educación Ambiental y Desarrollo en la Comunidad
Docente Instructor 1 Corporación Universitaria Minuto de Dios
ml8128@gmail.com

Sugerencia de citación: García Díaz, Luis Edgardo y Díaz Ochoa, Martha Liliana.

"Reincorporación del concreto a los ciclos productivos", *La Tadeo DeArte*, 2(2016): 102-113,
doi: <http://dx.doi.org/10.21789/24223158.1167>

LUIS EDGARDO GARCÍA DÍAZ*

REINCORPORACIÓN

DEL CONCRETO A LOS CICLOS PRODUCTIVOS

MARTHA LILIANA DÍAZ OCHOA**

RESUMEN

PESE A LA INNUMERABLE NORMATIVIDAD con la que se cuenta en Colombia, respecto al manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos, específicamente los residuos de construcción y demolición (RCD), muy pocos municipios realizan una adecuada implementación legal. En el municipio de Girardot, el manejo de estos residuos ocurre sin tener en cuenta las estipulaciones legales, lo que conlleva la formulación de propuestas de mejoramiento y optimización de este proceso.

Este proyecto investigativo presenta una alternativa sostenible para el aprovechamiento de los RCD de obras civiles, provenientes de demolición, para impulsar la producción de nuevo concreto y así reducir el impacto ambiental negativo sobre los ecosistemas del municipio de Girardot, derivado de su inadecuada disposición.

ESCOMBRO

CONCRETO

DEMOLICIÓN

PALABRAS CLAVE

REUTILIZACIÓN

IMPACTO

AMBIENTAL

INTRO -

EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA ha presentado un crecimiento gradual luego de la desaceleración de la segunda mitad del año 2015, ocasionada principalmente por la reducción en los precios de la materia prima. Este sector actualmente es esencial para el progreso y el desarrollo del país; Girardot ha presentado un crecimiento en la construcción de vivienda y el desarrollo turístico aproximado del 40 %.¹

En el municipio de Girardot, es difícil estimar la cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD) que se generan, puesto que depende de la actividad constructiva que se esté desarrollando, de su magnitud y de la etapa en la que se encuentre. No obstante, puede analizarse el grado de contaminación que provocan tales residuos, ya que contienen altas concentraciones de componentes tóxicos y peligrosos como aceites, pinturas y solventes. Adicionalmente, por la inadecuada disposición se mezclan con los residuos domiciliarios, lo cual amplía su espectro de contaminación y aumenta su impacto ambiental negativo, que principalmente compromete el suelo, las aguas superficiales y subterráneas, en concomitancia con la contaminación visual.

DUCCIÓN

PROBLEMA, HIPÓTESIS O NECESIDAD PLANTEADA

SE REQUIERE ENCONTRAR ALTERNATIVAS sostenibles para el aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición en Girardot, para de esta manera mitigar el impacto ambiental que actualmente se genera en todo el ciclo de vida útil de estos elementos.

OBJETIVO GENERAL

PLANTEAR UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE para el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición de obras civiles que impulse la producción de nuevo concreto, con el fin de reducir su impacto ambiental negativo en los ecosistemas del municipio de Girardot.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los actores municipales públicos y privados de Girardot que generan los residuos de construcción y demolición de obras civiles.
- Identificar alternativas técnicas para el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición de obras civiles, para su transformación en concreto ecológico.
- Proponer aplicaciones en la construcción para el nuevo material (mortero y concreto con la incorporación de materiales reutilizados provenientes de la demolición de estructuras).

SUSTENTO TEÓRICO

EN AÑOS ANTERIORES, el gobierno nacional ha observado la necesidad de plantear alternativas para el manejo de los residuos sólidos, en especial de los RCD, debido a su naturaleza y a su impacto ambiental. Se ha interesado en solucionar esta problemática, consciente de que el primer paso en este proceso es la educación ambiental y la mitigación del daño causado, por lo cual se han expedido varios documentos educativos y normas que contienen las directrices para manejo de los residuos sólidos, incluyendo el de los RCD de obras civiles.

El primer esfuerzo representativo del gobierno nacional tuvo como resultado los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, mediante la Resolución 1045 de 2003. En el transcurso de la última década, se ha realizado el seguimiento a la formulación y ejecución del planteamiento que cada municipio estableció en su respectivo PGIRS y luego de evaluar los resultados obtenidos, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio ha definido un cronograma de actividades y procesos para la elaboración e implementación de los PGIRS de segunda generación, los cuales deberán ser incluidos dentro de las partidas presupuestales para ejecución de los Planes de Desarrollo Municipales a partir del año 2016.

En todo este proceso, tanto entes privados como públicos interactúan con el medio ambiente y moldean el paisaje acorde a las necesidades de urbanismo de la comunidad. En esa secuencia de actividades, unos y otros generan materiales de desecho, los cuales, debido a la ignorancia y la indolencia sobre la afectación a los recursos naturales, se arrojan en zonas verdes, cunetas, lotes baldíos e incluso, en los peores casos, se llegan a legalizar de manera irresponsable sitios para su disposición, que violan la normatividad ambiental.

Cabe aclarar que estos sitios carecen en todas sus dimensiones de características técnicas para el tratamiento de residuos y en ellos también se depositan desechos de origen doméstico, entre los que se cuenta materia orgánica en proceso de putrefacción. Por lo anterior, estos vertederos se convierten rápidamente en focos de vectores tales como roedores, cucarachas, perros y gallinazos.

En el municipio objeto de la presente investigación, se ha consultado con las entidades ambientales responsables de hacer seguimiento a estos sitios y de otorgar licencia a los que den cumplimiento a las normas establecidas. Se encontró que la Corporación Autónoma Regional, CAR, manifiesta el desconocimiento de un sitio legalmente licenciado en la zona que pueda llegar a prestar el servicio de disposición o tratamiento de RCD provenientes de la demolición de estructuras.

Pese a la ubicación del municipio de Girardot y su accesibilidad terrestre con otros municipios circunvecinos, no cuenta con un sitio legalmente aprobado por las entidades gubernamentales o ambientales. Esta situación se debe principalmente a una dificultad técnica por parte de la Oficina Asesora de Planeación y la Secretaría de Ambiente Municipal, las cuales no han logrado conformar un equipo profesional que pueda definir dónde y cómo debe funcionar la escombrera.

Hasta el mes de enero de 2015, se encontraba en operación un lugar destinado a la recepción de RCD, denominado Charrasquero, ubicado en la vía a Tocaima, y de forma paralela, otro lugar ubicado en el barrio La Esperanza de Girardot, los cuales no cumplían con los requerimientos legales y las condiciones estipuladas en el artículo 348 del Plan de Ordenamiento Territorial, POT. En el momento, estos dos lugares se encuentran cerrados con medida cautelar, impuesta por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, Oficina Girardot.

Actualmente, reposa en las oficinas de esta CAR el Plan de Manejo Ambiental Escombrera Municipal Girardot, proyectado por la Secretaría de Infraestructura del municipio. Con este documento se solicita la aprobación de la licencia ambiental para la construcción y el funcionamiento de la escombrera en el predio ubicado en la vereda Potrerillo, en la vía que conduce desde Girardot al municipio de Nariño, más exactamente en el predio denominado California con cédula catastral No. 00-00-0002-0003-000, coordenadas planas basadas en el sistema Magna Sirgas E: 914232 N: 964554, el cual cuenta con un área de 6 Ha y 98.5 m² que harán parte del proyecto.

Dado lo anterior, y debido a la falta de un lugar aprobado para la recepción y consecuente manejo de los RCD, el municipio de Girardot necesita la implementación de alternativas sostenibles para que de esta manera se reduzcan los impactos ambientales provocados por los inadecuados manejos de los RCD.

En la próxima fase de la investigación, se espera llevar a cabo nuevos procesos de muestreo en los que se fundan probetas de concreto con diferentes formulaciones y distintos porcentajes en la cantidad de escombros empleado, con el firme propósito de determinar las características físicas y mecánicas y así establecer criterios de validación o rechazo de las posibles aplicaciones que se pueden dar al material obtenido. A la par con este proceso, se evaluarán los impactos ambientales generados por la extracción de materiales constructivos provenientes de río o canteras.

M E T O D O L O G Í A

EL PROCESO INVESTIGATIVO se desarrolló mediante la implementación y puesta en marcha de la investigación-acción participativa, IAP, la cual es un método de estudio y acción de tipo cualitativo que busca obtener resultados fiables y útiles para mejorar situaciones colectivas, y que cuenta con la participación de los propios colectivos a investigar.

Posteriormente, se identificaron y clasificaron los principales actores regionales que intervienen en la generación, el manejo, el transporte y la disposición final de escombros, por lo cual esta investigación también cobró un carácter mixto, dado que se involucró el análisis de tipo cualitativo y cuantitativo. Este tipo de metodología reconoce el valor del conocimiento, lo que permite contar con todas las herramientas propias de estos análisis.

Una vez revisada la documentación recopilada con base en la metodología ACI211,² se proyectó la elaboración de muestras de concreto con agregados pétreos de origen natural para contar con materia prima de origen y con condiciones conocidas. Luego, dichas muestras deben seguir el proceso de curado y, por último, deben someterse a las pruebas de falla a compresión. Para estas mezclas, se realizó la diferenciación de resistencias esperadas a fin de contar con materiales de escombros con características específicas, y así determinar las particularidades físicas y mecánicas de los residuos que serán posteriormente utilizados en el proceso de las mezclas con materiales recuperados. A la fecha de elaboración del presente artículo, aún no se han elaborado las muestras de concreto con agregados reciclados, impidiendo de esta manera determinar las características físicas y mecánicas y así establecer criterios de validación o rechazo de las posibles aplicaciones de este nuevo concreto.

R E S U L T A D O S

A LO LARGO DE ESTAS DOS FASES DE LA INVESTIGACIÓN, los investigadores han dedicado sus esfuerzos en la recopilación de información y el establecimiento del estado del arte en que se encuentra actualmente la problemática planteada. Básicamente, se ha hallado que el proceso de reutilización de agregados es viable y que las aplicaciones en el ámbito de la construcción van desde la fabricación de mampuestos, muros, ecomuros hasta la implementación en vías peatonales y vehiculares expuestas a cargas moderadas de tráfico.

Por otra parte, se han evidenciado impactos ambientales en las actividades propias de una obra de construcción o remodelación de estructuras civiles, producidos principalmente por el inadecuado manejo de residuos. En la tabla 1 se presentan los resultados de la identificación de impactos, que hizo evidente que el factor más afectado es el paisaje a causa de la acumulación de escombros, la ocupación y deterioro del espacio público y la afectación de edificaciones aledañas. En resumen, las alteraciones visibles en el entorno dan cuenta de una problemática ambiental, social y cultural en la que se pretende intervenir y solucionar desde una perspectiva técnica y sostenible.

En otras fases de la investigación, se tiene la expectativa de validar la resistencia esperada de las mezclas obtenidas con la incorporación de escombros. De este modo, se identificarán los escenarios arquitectónicos y estructurales en los que la utilización de este tipo de concretos sea factible. Así mismo, se analizará la viabilidad económica del proyecto, a fin de establecer sus beneficios e impactos medioambientales.

P A R C I A L E S

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

IMPACTOS AMBIENTALES	FACTOR IMPACTADO																					
	AIRE		SUELO				AGUA SUPERFICIAL			AGUA SUBTERRÁNEA		MEDIO BIÓTICO		MEDIO SOCIAL Y CULTURAL			PAISAJE					
	Emisión de gases y material particulado	Contaminación por ruido y vibraciones	Aumento de los procesos erosivos	Pérdida de la capa fértil del suelo	Cambios en la morfología y topografía	Cambios en la composición del suelo en los sitios de arrojó	Generación de aguas residuales	Afectación de cuerpos de agua	Alteración de redes de suministro de agua	Alteración del sistema local de drenaje pluvial	Alteración del nivel freático	Contaminación de los mantos acuíferos por infiltración de sustancias tóxicas	Eliminación de cubierta vegetal y afectación de nichos de fauna local	Afectación de hábitats de especies silvestres	Alteración de la circulación peatonal y vehicular	Conflictos sociales	Alteración de redes de comunicaciones	Impacto visual por la acumulación de escombros	Ocupación y deterioro del espacio público	Afectación de edificaciones aledañas	Cambios en el entorno paisajístico	
Proyección de cantidad de escombros y estériles			X	X	X	X																
Ubicación del lugar donde se disponen	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X		X		X	X	X
Descapote del terreno	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eliminación total o parcial de la cubierta vegetal	X	X	X	X	X			X	X	X	X		X	X		X			X	X	X	X
Demolición de estructuras previas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
Excavaciones para la colocación de cimientos e instalaciones	X	X	X	X	X	X			X	X	X		X		X	X			X	X		
Prácticas inadecuadas por parte de los trabajadores de la construcción	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Almacenamiento temporal de escombros	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aprovechamiento de los residuos valorizables															X	X	X	X	X	X	X	X
Separación de los residuos según sus características															X	X	X	X	X	X	X	X
Transporte de residuos y escombros hasta el sitio de arrojó	X	X	X										X		X	X		X	X			X
Disposición final de los escombros de la construcción	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Promedio Factor	9		9				6			7		8		9			10					

Pictogramas de Noun Project: aire por Oksana Latysheva; suelo por Oliviu Stoian; medio biótico por Arthur Shlain; medio social por Wilson Joseph.

[Tabla 1. Matriz de identificación de impactos.]

Fuente: elaboración propia.

CONCLU- SIONES

A LO LARGO DE ESTA INVESTIGACIÓN se ha establecido que es una opción técnicamente viable la incorporación de agregados obtenidos mediante la reutilización de escombros provenientes del concreto, dado que se alcanzan las resistencias previstas en la metodología de diseño. Es posible afirmar esto a partir de las pruebas de laboratorio realizadas (pruebas destructivas) y con la implementación de un diseño de mezcla en la que se sustituyen materiales pétreos de origen natural con proporciones definidas del escombro (escombro de concreto limpio). Este parámetro ha sido discutido por diversos autores y mediante la presente investigación se comprueba que, en concordancia con los valores probabilísticos y valores de desviación estándar permitidos, se puede lograr una mezcla cuyo comportamiento satisface las necesidades previstas.

Con lo anteriormente planteado, se deja abierta la puerta para el análisis y medición de otras variables físico-mecánicas del concreto, teniendo en cuenta las diferentes solicitaciones a las cuales está expuesto este material en la construcción (por ejemplo: flexión, torsión, corte y sistemas de carga combinadas, o la flexo-compresión que sufren los elementos estructurales). Se sugiere que para próximas investigaciones se puedan implementar sistemas de medición electrónica, a fin de poder determinar parámetros como los módulos de elasticidad y relación de Poisson.

Por otra parte, se observó que en el municipio de Girardot, en el último quinquenio, se ha presentado un interesante incremento del sector de la construcción, lo cual ha resultado en la renovación y demolición de inmuebles para abrir paso al progreso del municipio. Dentro de las actividades conexas a esta expansión se encuentra la ampliación de redes de servicios públicos, vías, zonas de recreación, entre otras.

Desde el punto de vista del urbanismo, la infraestructura estudiada en esta indagación corresponde a la categoría de construcciones en concreto; por lo tanto, esta investigación pretende generar un doble impacto al reducir los volúmenes de RCD que llegan a las escombreras luego de la demolición y la reducción de los volúmenes de agregados de origen pétreo extraídos de ríos o canteras, los cuales lastimosamente no son cuantificados por los entes gubernamentales y ambientales.

Por último, hay que mencionar que el concreto ecológico obtenido puede tener diversas aplicaciones ornamentales y arquitectónicas. También puede usarse para elementos prefabricados tales como sardineles, bordillos de andén, cañuelas, balaustres, bloques, baldosas, adoquines, postes, entre otros, o para elementos fundidos *in situ* tales como vigas, columnas, placas y escaleras.

NOTAS

- 1 William Tovar Luna, presidente de la Cámara de Comercio de Girardot.
- 2 El autor Diego Sánchez de Guzmán, en su libro *Tecnología del Concreto y el Mortero*, establece que este método aprovecha el hecho de que la relación óptima del volumen seco y compactado de agregado grueso al volumen total del concreto, depende únicamente del tamaño máximo del agregado y de la granulometría del agregado fino. En este caso, la forma de las partículas del agregado grueso no entra directamente en la relación, debido a que, por ejemplo, el agregado triturado tiene un volumen aparentemente mayor para un mismo peso (es decir, una masa unitaria menor) que un agregado bien redondeado.

REFERENCIAS

- Bojacá, Néstor Raúl. Propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con agregado reciclado. Trabajo de grado Maestría en Ingeniería Civil Énfasis en Estructuras. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Bogotá. 2013.
- Colombia. Ministerio de Desarrollo Económico. Decreto 1713 (6, agosto, 2002). Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial. Bogotá, D. C.: Ministerio de Desarrollo Económico, 2002.
- Colombia. Presidencia de la República. Decreto 838 (23, marzo, 2005). Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá, D. C.: Presidencia, 2005.
- Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F. Sistemas de Aseo Urbano/Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. Bogotá, D. C.: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2012.
- Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Decreto 2981 (20, diciembre, 2013) Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. Bogotá, D. C.: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2005.
- Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Resolución N.º 0754 (25, noviembre, 2014) Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Bogotá, D. C.: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2014.
- Díaz Coutiño, Reynol. Desarrollo Sustentable una Oportunidad para la Vida. 3.a ed. México: McGraw Hill, 2015.
- Escobar López, Germán, González Cuenca, Alberto, y Salgado Frías, Eduardo. Concreto Preesforzado: Diseño y Construcción. 2.a ed. Bogotá, D. C.: Asociación Colombiana de Productores de Concreto (ASOCRETO), 2014.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Gestión Ambiental. Residuos sólidos. Guía para la Separación en la Fuente. GTC 24. Bogotá, D. C.: ICONTEC, 2009.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Concretos. Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto. NTC 673. Bogotá, D. C.: ICONTEC, 2010.
- IV Seminario Internacional La sostenibilidad, un punto de encuentro. Arquitectura y Construcción Sostenible. (18 y 19, Octubre, 2012: Medellín, Colombia) Memorias. Medellín: Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, 2012.
- Matos Meléndez, Bárbara Bernardina, y Flores Guerrero, Maritza Asunción. *Educación ambiental para el desarrollo sostenible del presente milenio*. 2.a ed. Bogotá D.C.: ECOE Ediciones, 2016.
- Pérez Ortega, Jennie Evelingh. *Construcción de elementos estructurales en concreto*. Bogotá, D. C.: Corporación Universitaria Minuto de Dios, 2010.
- Sánchez de Guzmán, Diego. *Tecnología del concreto y del mortero*. 5.a ed. Bogotá, D. C.: Bhandar Editores Ltda., 2001.
- Sánchez de Guzmán, Diego. *Durabilidad y patología del concreto*. 2.a ed. Bogotá, D. C.: Asociación Colombiana de Productores de Concreto (ASOCRETO), 2013.
- Sánchez, Luis Enrique. *Evaluación del impacto ambiental: conceptos y métodos*. Bogotá, D. C.: ECOE Ediciones, 2014.